



Tanta University



Faculty of Engineering

PROTECTION of ELECTRICAL POWER SYSTEMS

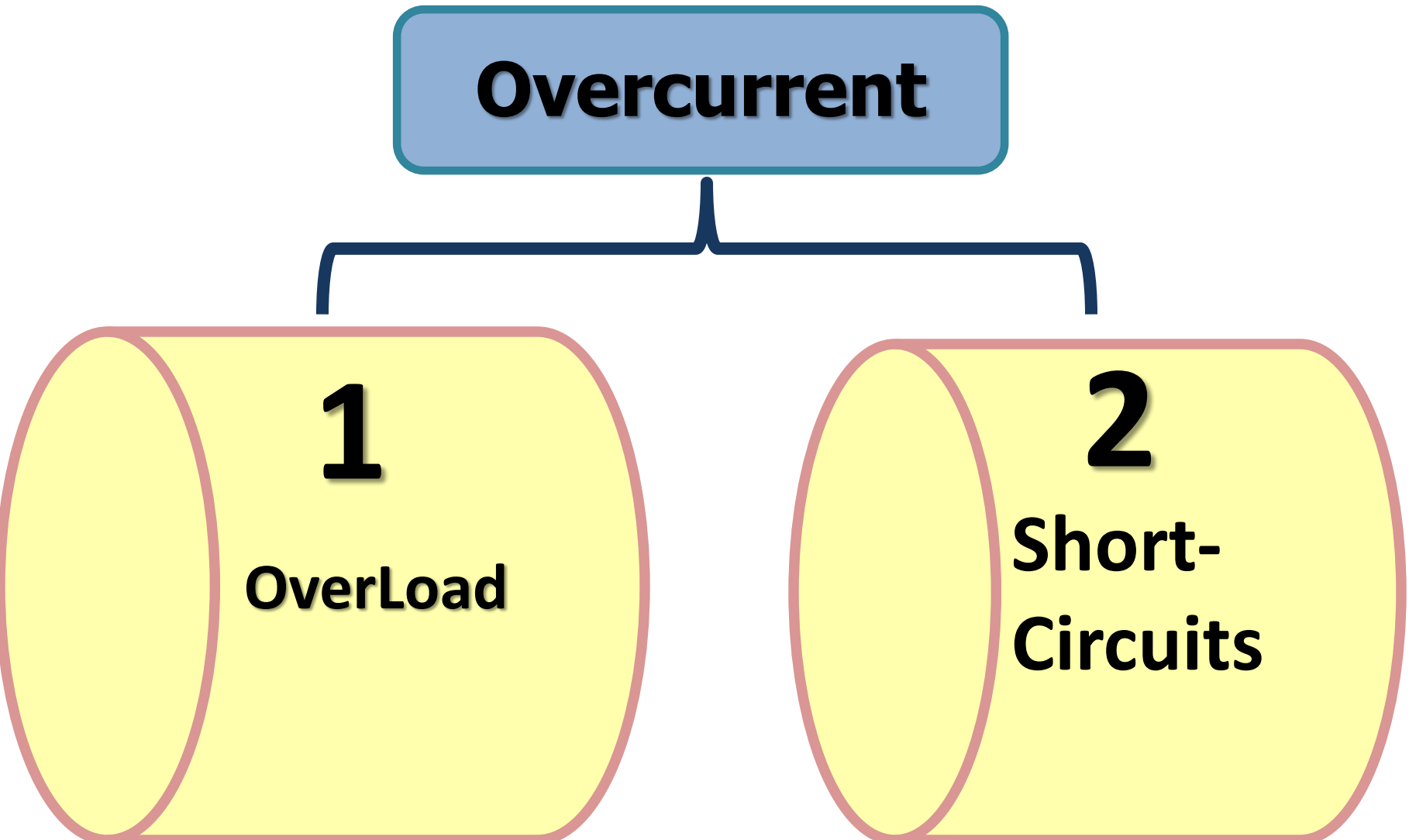
Nonpilot Overcurrent Protection of TLs

Dr. Hossam A. A. Saleh

Department of Elec. Power and Machines Eng.

Chapter 4

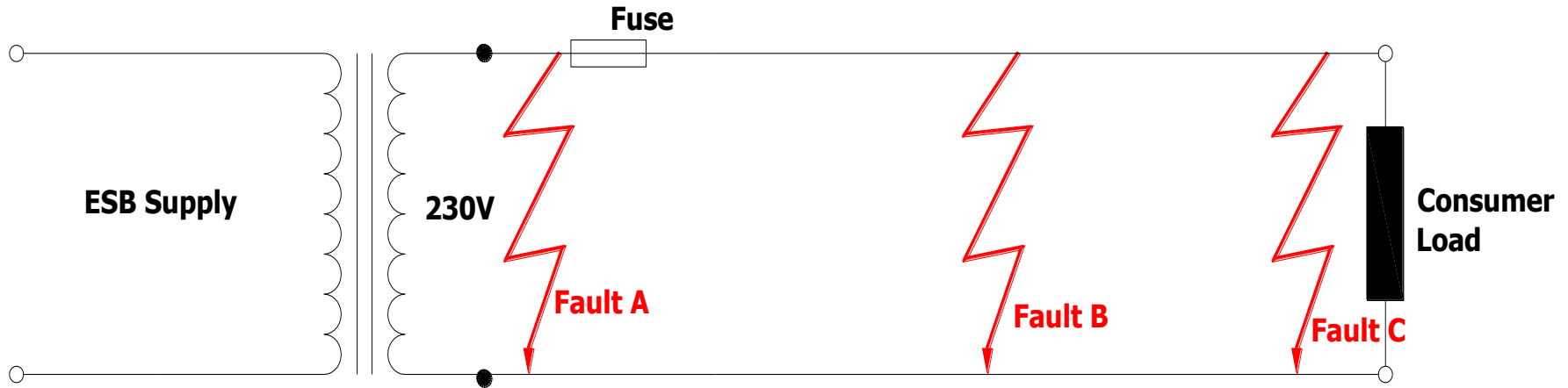
Nonpilot Overcurrent Protection of TLs



Overload: is where too much current is drawn down an electrically healthy circuit; there is no fault in the circuit. A properly designed circuit will interrupt an overload before any damage is done to the circuit.

Short Circuits: is where a fault of small impedance occurs between live conductors. The value of current will depend on where the fault occurs. Longer runs of cable have a significant attenuating effect on fault current.

Short Circuit



➔ The **SCC** is dependent upon:

- The circuit voltage
- The total impedance of the circuit including the supply transformer

Distribution faults occur on one phase, on two phases, or on all three-phases. Single-phase faults are the most common. Almost 80% of the faults measured involved only one phase either in contact with the neutral or with ground.

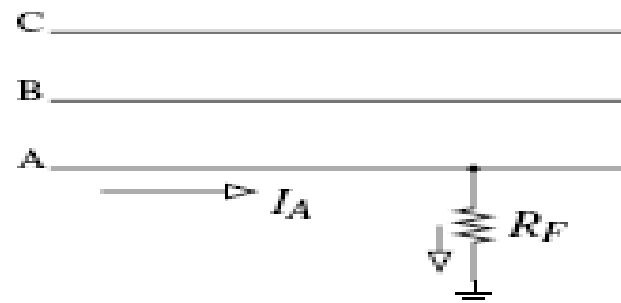
TABLE 7.1

**Number of Phases Involved in Each Fault
Measured in the EPRI Fault Study**

Fault	Percentage
One phase to neutral	63%
Phase to phase	11%
Two phases to neutral	2%
Three phase	2%
One phase on the ground	15%
Two phases on the ground	2%
Three phases on the ground	1%
Other	4%

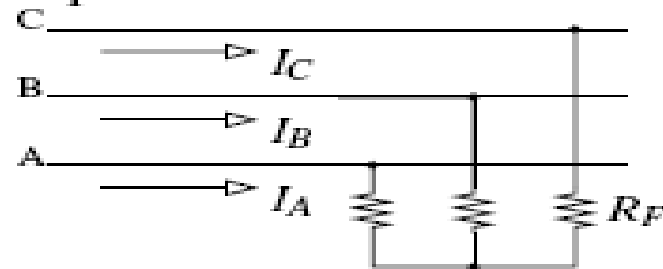
Fault Calculation:

Line-to-ground fault



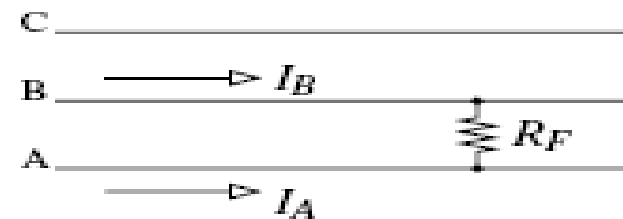
$$I_A = \frac{V_{LN}}{(2Z_1 + Z_0)/3 + R_F}$$

3-phase fault



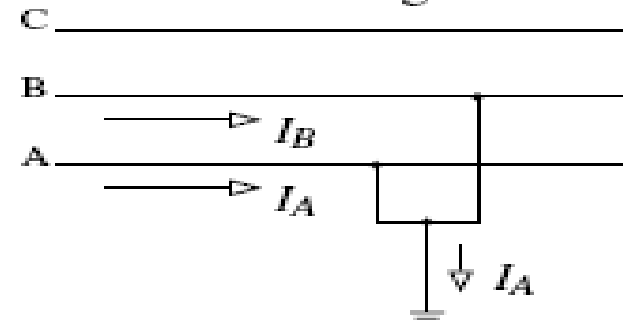
$$I_A = \frac{V_{LN}}{Z_1 + R_F}$$

Line-to-line fault



$$I_A = -I_B = -j \frac{\sqrt{3}V_{LN}}{2Z_1 + R_F}$$

Line-to-line-to-ground fault



$$I_A = -j\sqrt{3} \frac{Z_0 - aZ_1}{Z_1(Z_1 + 2Z_0)} V_{LN}$$

$$I_B = j\sqrt{3} \frac{Z_0 - a^2 Z_1}{Z_1(Z_1 + 2Z_0)} V_{LN}$$

$$I_G = \frac{-V_{LN}}{(Z_1 + 2Z_0)/3}$$

The protective devices for TL protection are:

1. Fuses

2. Sectionalizers & Reclosers

3. Instantaneous overcurrent

4. Inverse, Time delay overcurrent

5. Directional overcurrent

6. Distance

7. Pilot

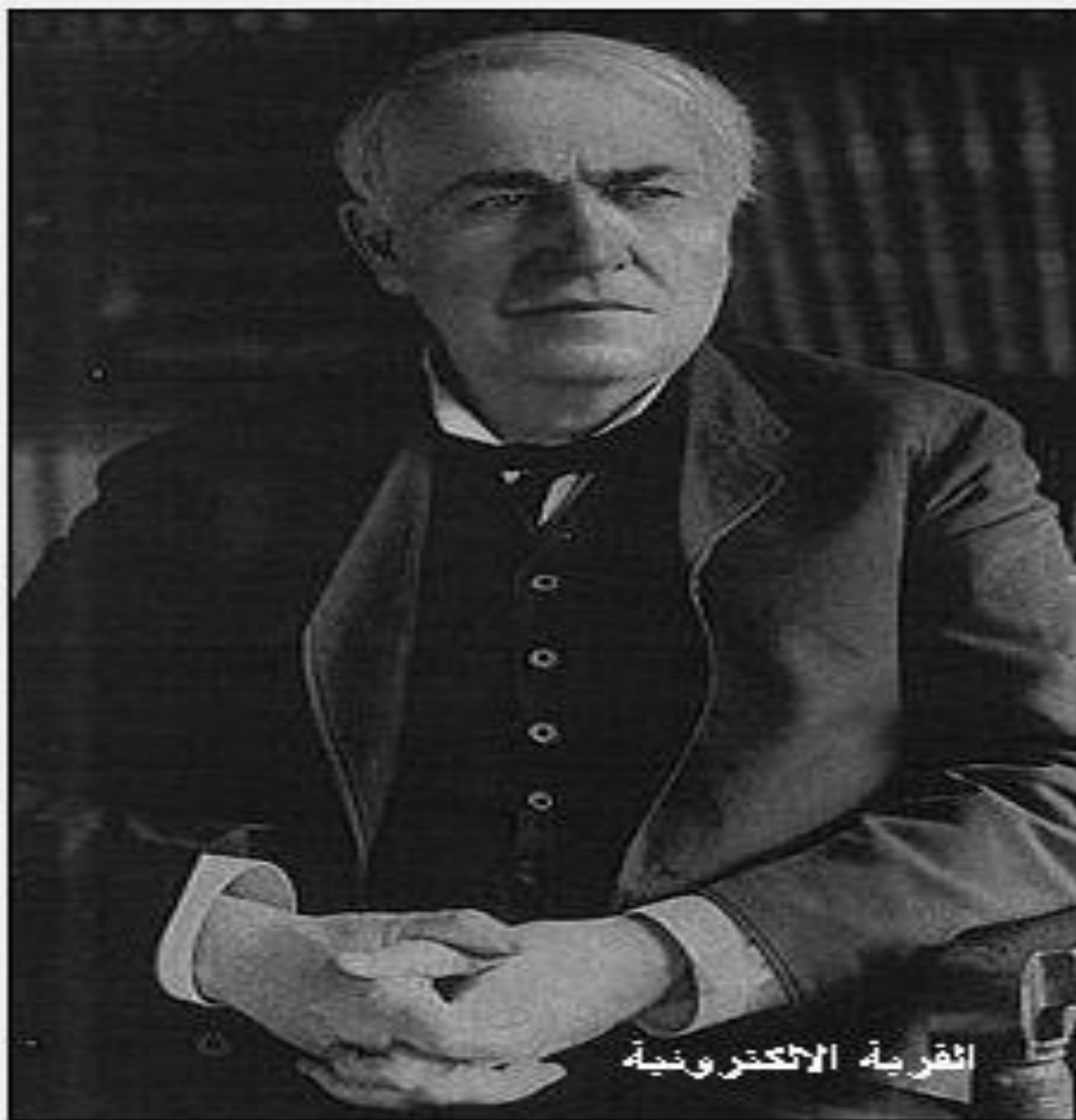
1. Fuses

الفيوز أو **المصهر** هو أداة أو عنصر كهربائي لحماية الأجهزة ضد ارتفاع التيار الكهربائي وهو من العناصر الأساسية والبسيطة حيث يتكون من سلك معدني ينصهر عندما يتجاوز التيار المار فيه القيمة المحددة لهذا السلك وبالتالي يقطع الدائرة الكهربائية

أهم وظائف الفيوز

حماية المعدات وعناصرها الكهربائية من خطر زيادة التيار - عزل جزء من المعدة أو الدائرة الكهربائية عن باقي الأجزاء لحمايتها عند الأخطاء

أول استخدام لهذا العنصر كان على يد المخترع الكبير توماس أديسون



انقرية الالكترونية

يتكون المصهر في أبسط صورته من سلك دقيق قصير من معدن مركب في حامل معزول ، وينصهر السلك إذا زاد التيار المار به عن قيمة معينة وبذلك تفتح الدائرة.

التيار المقنن Rated carrying current

التيار المقنن للمصهر ، هو أكبر تيار يمكن أن يمر في المصهر دون أن ينصهر. وتعتمد قيمة هذا التيار على الارتفاع المسموح به في درجة حرارة وصلات المصهر كذلك على تقادم المصهر بسبب الأكسدة.

تيار الصهر Fusing current

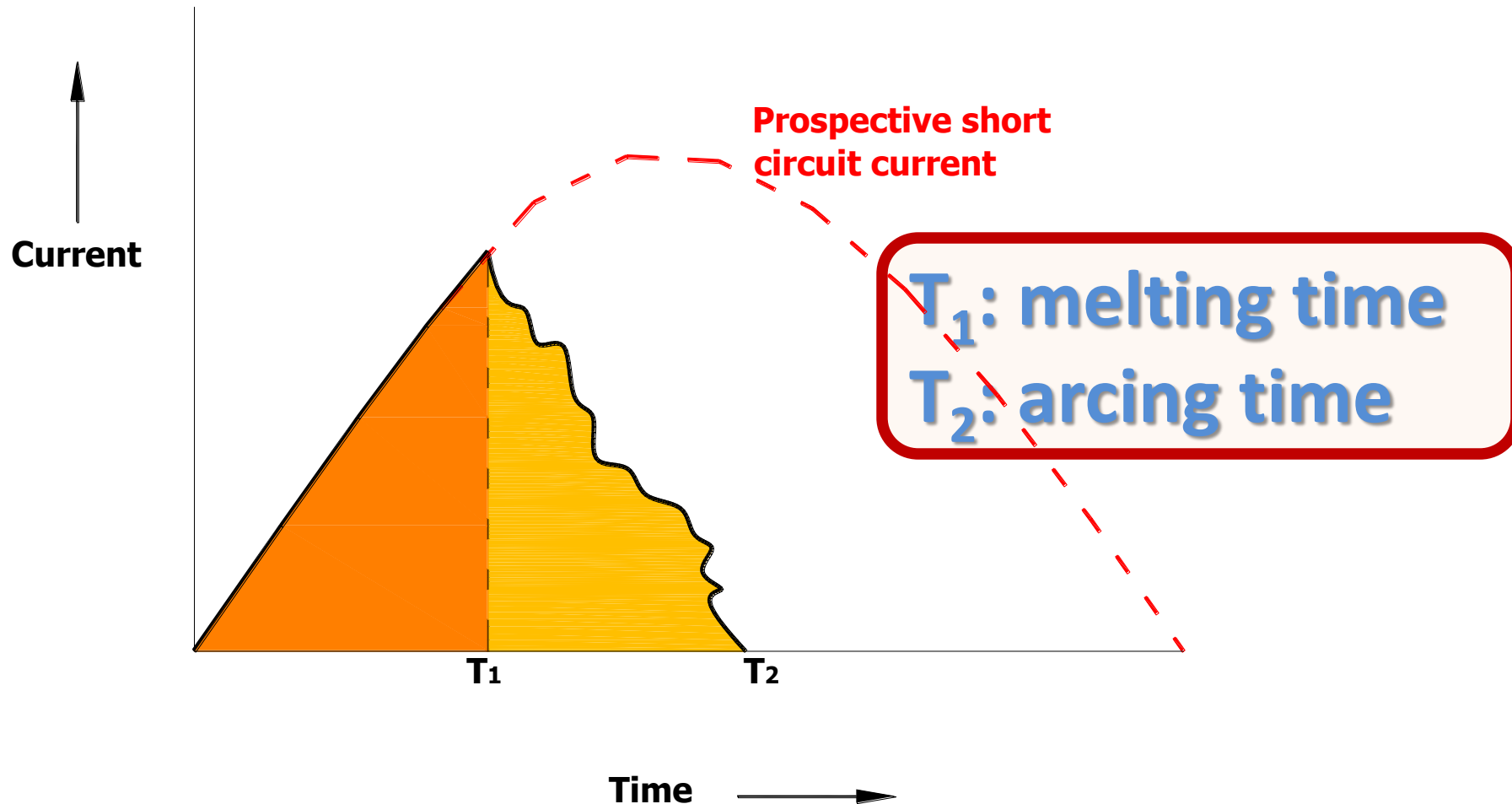
تيار الصهر هو أقل تيار يسبب صهر معدن المصهر

ويعتمد على العوامل الآتية:

- | | | | |
|--------------------------|---------------------------|-----------------|---------------|
| 1- المادة | 2- الطول | 3- مساحة المقطع | 4- شكل المقطع |
| 5- التاريخ السابق للمصهر | 6- حجم ومكان أطراف المصهر | 8- أسلاك المصهر | جدولة أم لا |
| 7- نوع الغلاف | | | |

التيار المتوقع وتيار القطع Prospective and cut off current

يبين شكل (2) موجة التيار المتردد المتوقعة وكيفية قطع التيار بواسطة المصهر.



Prearcing time (Melting time) زمن الصهر

هو الزمن المقاس بين بداية زيادة التيار في الدائرة الموضوع بها المصهر وبداية حدوث القوس الكهربى .

Arcing Time زمن دوام القوس الكهربى

هو الزمن المقاس بين بداية حدوث القوس الكهربى واللحظة التى يصل فيها قيمة التيار المار بالدائرة للصفر أى تفتح الدائرة

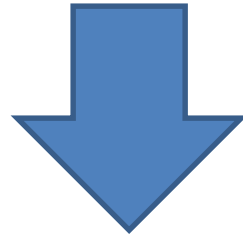
Total operating time زمن التشغيل الكلى

هو مجموع زمن الصهر وزمن دوام القوس الكهربى

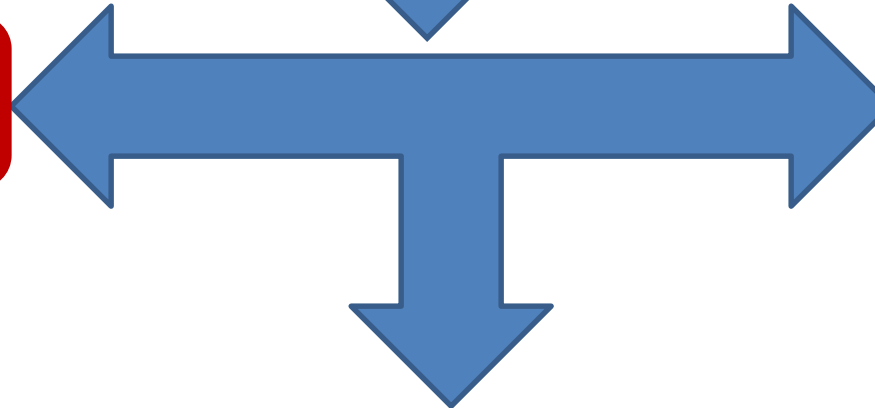
مقنن الجهد Voltage Rating

وهو أعلى جهد يمكن للمصهر أن يعمل عليه بأمان وتصنف المصهرات عادة بالنسبة للجهد إلى مصهرات جهد منخفض (حتى 600 ف) ومصهرات جهد متوسط وعالي (أعلى من 600 ف وحتى 100 ك ف)

مكونات المصهر



وصلة الصهر
Fuse link



عنصر الصهر
Fuse element

أطراف المصهر
Fuse contact

عنصر الصهر Fuse element

وهو مصنوع من مادة معدنية ذات أشكال وأبعاد معينة بحيث يكون انصهارها سريعًا بالنسبة لباقي مكونات الشبكة ويصنع بمادة من الفضة أو النحاس أو الألومنيوم أو الرصاص أو بعض السبائك الأخرى ذات درجة حرارة انصهار منخفضة .

وصلة الصهر Fuse link

ويوجد داخلها عنصر الصهر والمواد المستخدمة في إطفاء القوس الكهربائي الناشئ عن انصهاره بالإضافة إلى أي أجزاء أخرى مساعدة .

أطراف المصهر Fuse contact

وتستعمل في تثبيت المصهر في الدائرة وتوصيله كهربيًا بها .

Distribution System Fuses



اختيار المصهرات

يجب اختيار المصهر بحيث يعمل بطريقة سليمة وأمنة فى حالات التشغيل العادي وفترات قصر الدائرة ويتم الاختيار بصفة عامة تبعًا للمقننات التيار والجهد مع الاستعانة بالجداول والمنحنيات الخاصة بالمصهر ويراعي عند الاختيار ما يلي:-

أ- يجب أن يتحمل المصهر نسبة من تجاوز الحمل بصفة مستمرة دون أن تتغير خصائصه أو أن يفتح الدائرة ويجب ألا تقل هذه النسبة عن 10% من تيار الحمل.

ب- يجب اختيار المصهر ذي أقل مقنن تيار ممكن بحيث يتحمل التيار المقنن وتجاوز الحمل المسموح به وذلك بغرض الانتقاء والتمييز .

ج- تتحدد قيمة مقنن تيار القطع بحيث تكون أكبر من أعلى قيمة متوقعة لتيار القصر ويجب ملاحظة أنه إذا زاد تيار القصر عن سعة القطع أدى ذلك إلى انفجار المصهر ونشوب حريق .

د- يجب ألا يقل تيار القصر في الدائر التي يتم حمايتها بالمصهر عن ثلاثة أمثال التيار المقنن للمصهر وذلك حتى يمكن الاعتماد على هذا المصهر في فتح الدائرة باعتمادية عالية .

هـ- يراعي عند استعمال مصهرات لحماية أجهزة لها خاصية ارتفاع التيار العابر كتيار بدء التشغيل في المحركات أو تيار المغنطة المندفع في المحولات ، أن تكون هذه المصهرات ذات تأخير زمني حتى يمكن اختيار التيار المقنن المصهر قريباً من التيار المقنن الجهاز (أعلى قليلا) دون أن يفتح المصهر الدائرة بسبب التيار المندفع.

و - يراعي عدم استعمال مصهرين على التوازي

ي- نظراً للقدرة العالية للمصهرات في الحد من التيار فيجب الانتباه جيداً لمتانتها الميكانيكية وسلامة تثبيتها .

التنسيق بين المصهرات

يعتمد الاختيار السليم للمصهر وكذلك عملية الحماية والتنسيق على المعلومات والبيانات المرفقة مع المصهر والتي يعدها مصنع المصهرات وتعطي هذه البيانات على صور مختلفة كالمنحنيات على النحو التالي :-

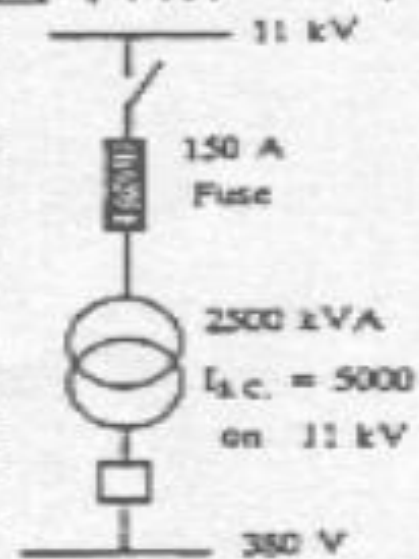
منحنيات الزمن - التيار

منحني الإزالة :

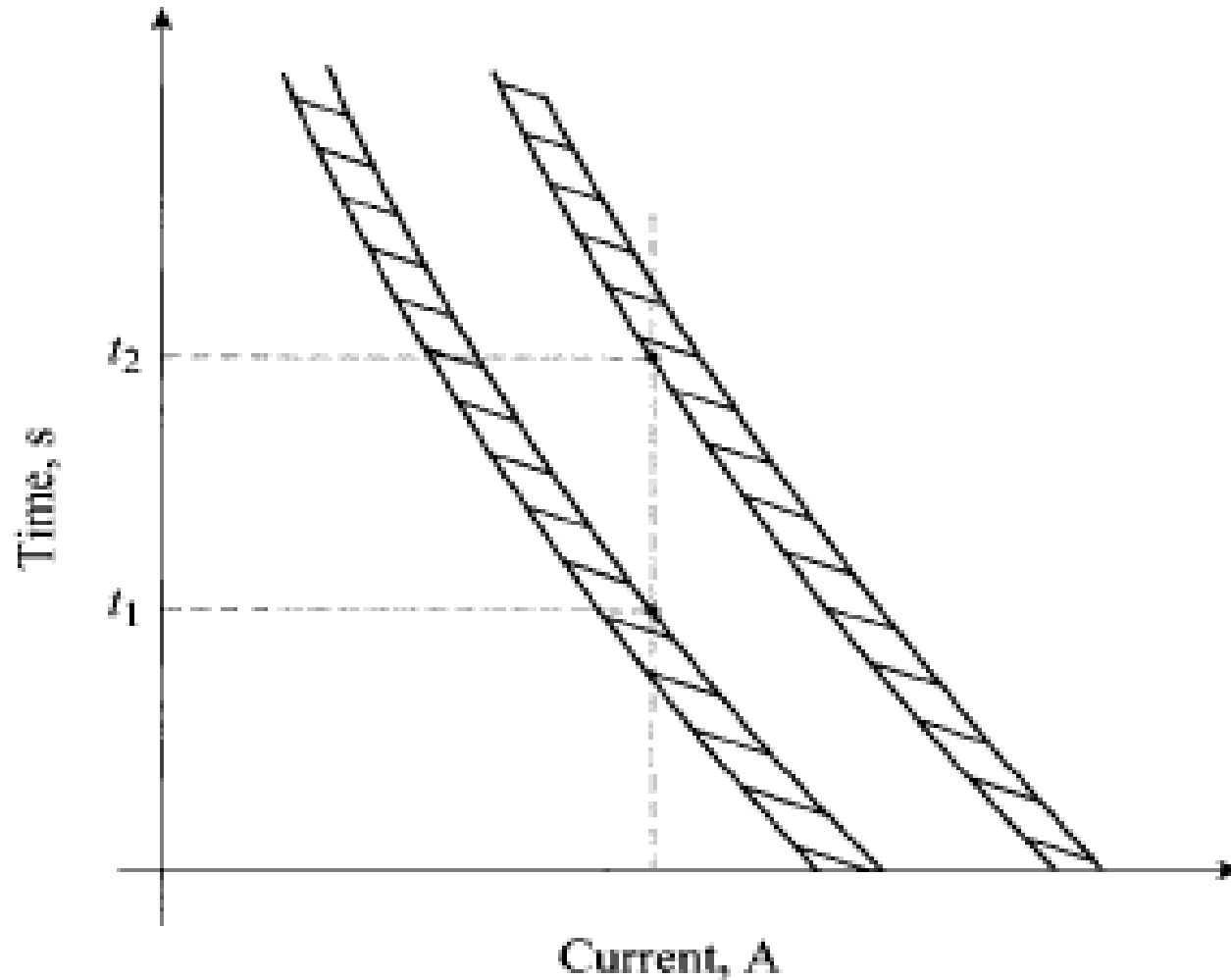
ويعطي العلاقة بين قيمة تيار القصر والزمن المنقضي من لحظة القصر وحتى تمام إزالة القصر وإطفاء القوس الكهربائي . ويلاحظ دائماً أن منحني الإزالة يكون أعلي منحني الانصهار بزمان يساوي فترة دوام القوس

منحني الانصهار :

ويعطي العلاقة بين قيمة تيار القصر والزمن المنقضي من لحظة القصر وحتى تمام انصهار عنصر المصهر



Fuse-fuse co-ordination

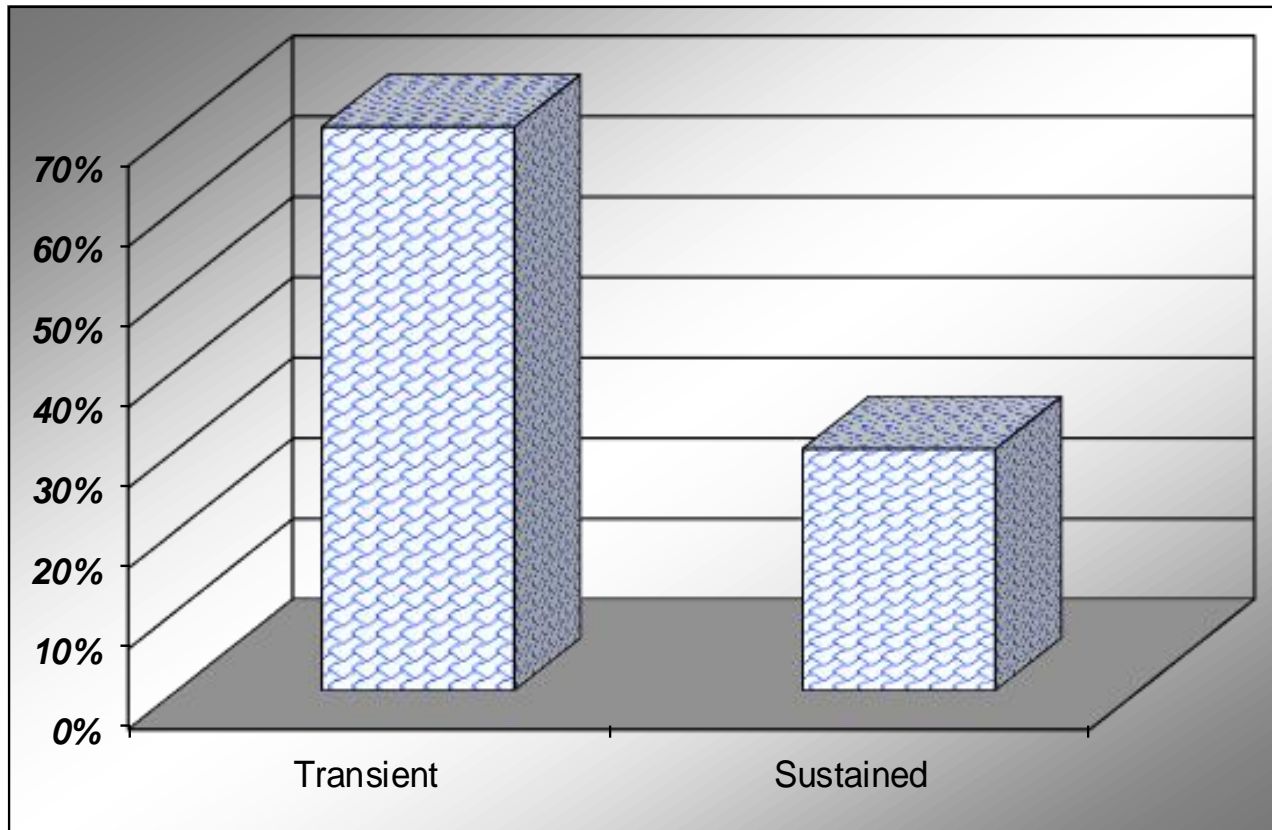


Criteria for fuse-fuse co-ordination: $t_1 < 0.75 t_2$

Also the faults in power system are
classified as;

- Transient Faults
- Permanent Faults

Studies of faults on overhead distribution lines have shown that 65% - 85% of faults are of a transient (temporary) nature



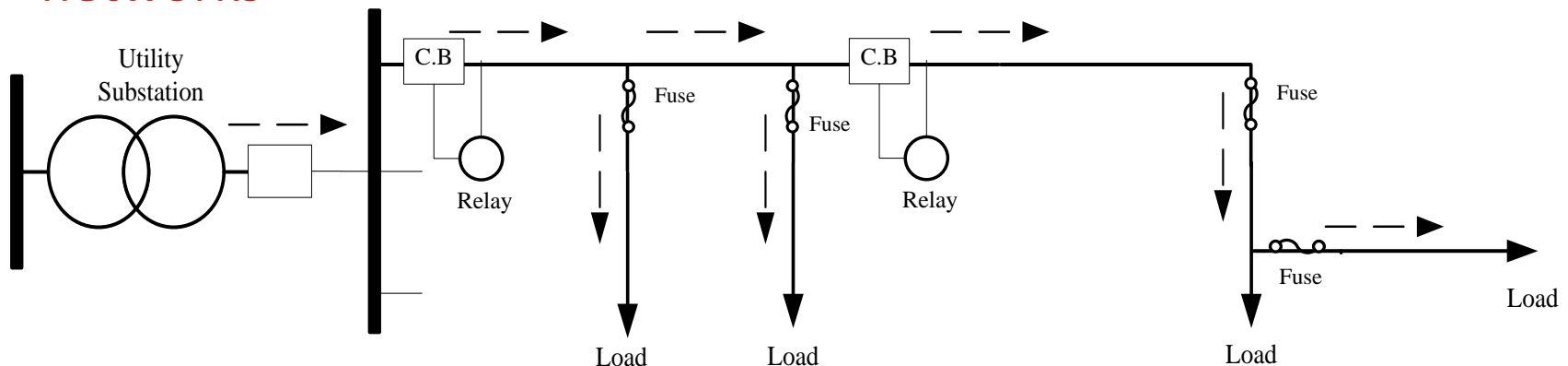
Auto-Recloser

The distribution system is in general radial in design

The distribution system is responsible for delivering electricity from distribution substations to consumers

Distribution protection is basically overcurrent protection

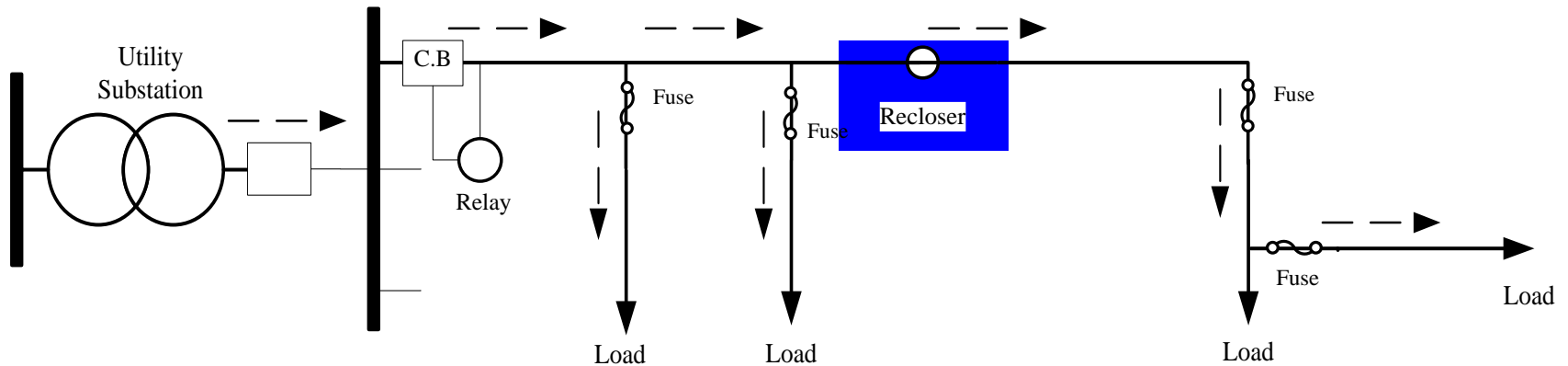
This protection type is simple and works very well with radial networks



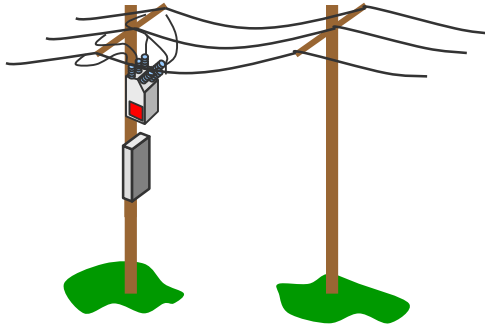
The protection system in distribution systems is based on coordination of relay–relay on incoming feeder and fuse–fuse on laterals

Auto-Recloser

Since 80% of all faults in distribution systems are temporary, reclosers are necessary



What is a Recloser ?



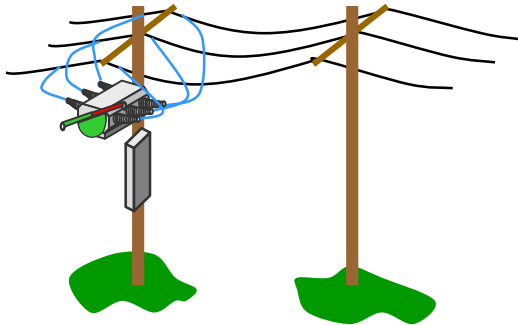
- A **Recloser** is a Circuit Breaker along with protection system:
 - For overhead power lines
 - Designed to RECLOSE on to a fault.
- Terminology
 - The “auto-reclose” cycle
 - Will detect a fault and open for a pre-programmed time, before closing again automatically
 - This cycle can be repeated 4 times
 - Lockout typically on the fifth trip

A/R Location

Recloser can be used any where on a system where Recloser ratings are adequate for the system requirements logical location are :-

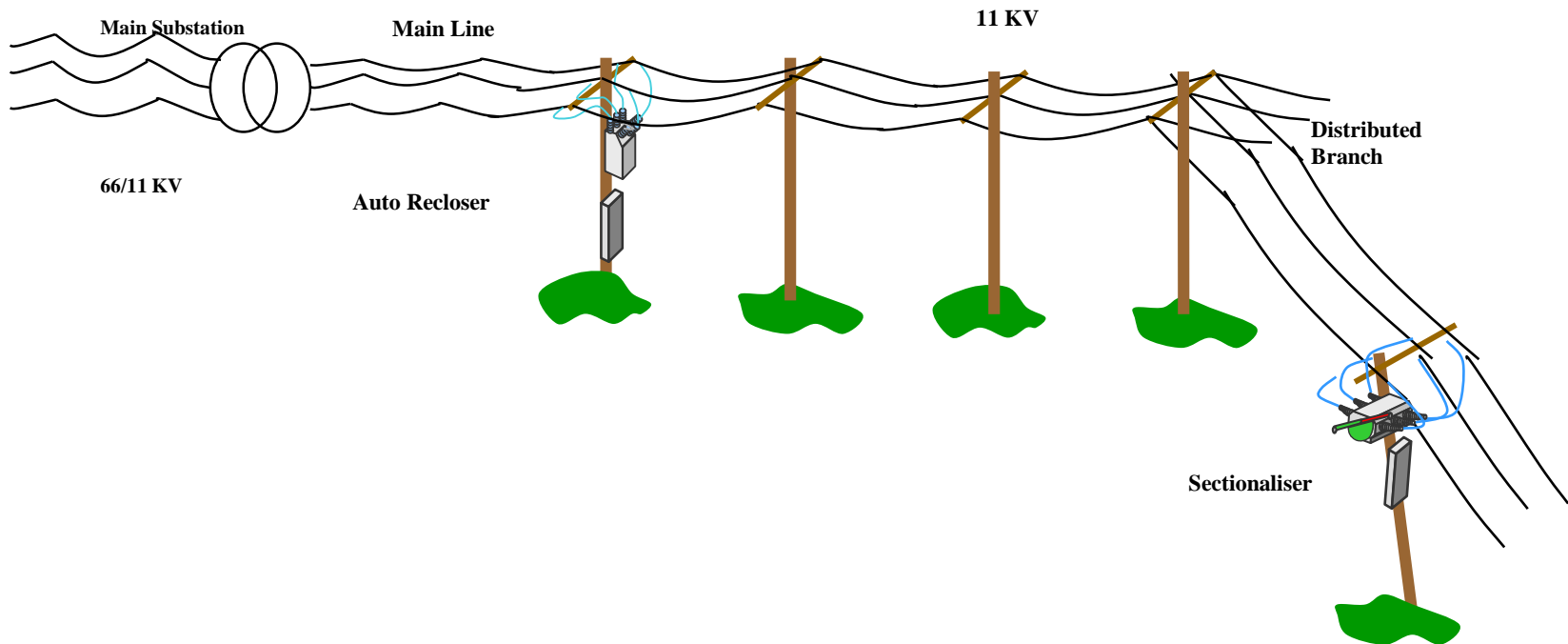
- 1- In substation as the primary feeder protection Devices .
- 2- On the lines at a distance from a substation , to sectionalize Long feeders and thus prevent outage of the entire feeder when a permanent fault occurs near the end of the feeder .
- 3- On the taps of main feeders – to protect the main feeder from interruption and outages due to faults on the taps .

What is a Sectionaliser ?



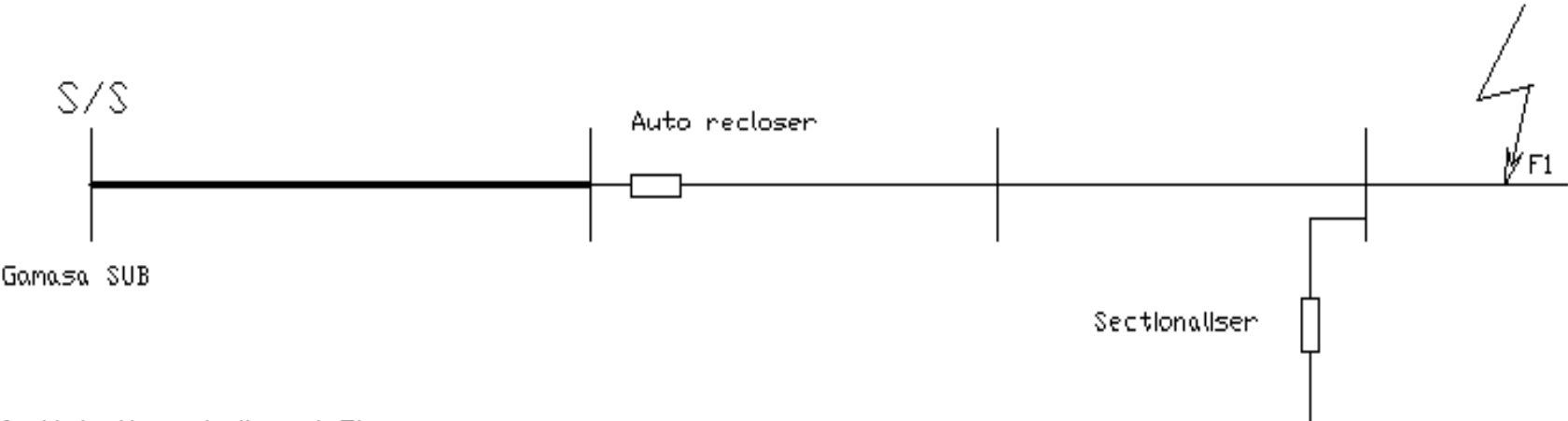
- A **Sectionaliser** is a switch along with control unit:
 - It is used in conjunction with an upstream “Recloser” or “circuit breaker”
 - It counts the interruption created by a Recloser during a fault sequence.
 - On a preset count
 - trips during the dead time of the up stream Recloser
 - Isolates a faulty network section

Location Of AR & Sectionaliser

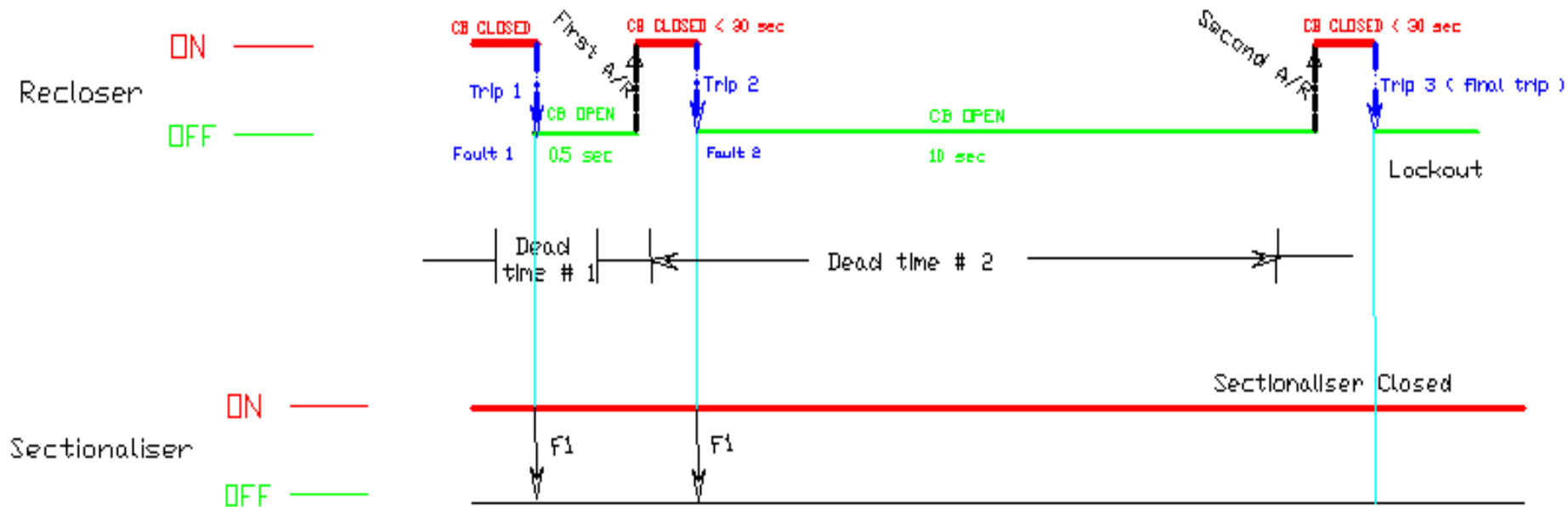


Operation Of The Auto-Recloser & The Sectionaliser

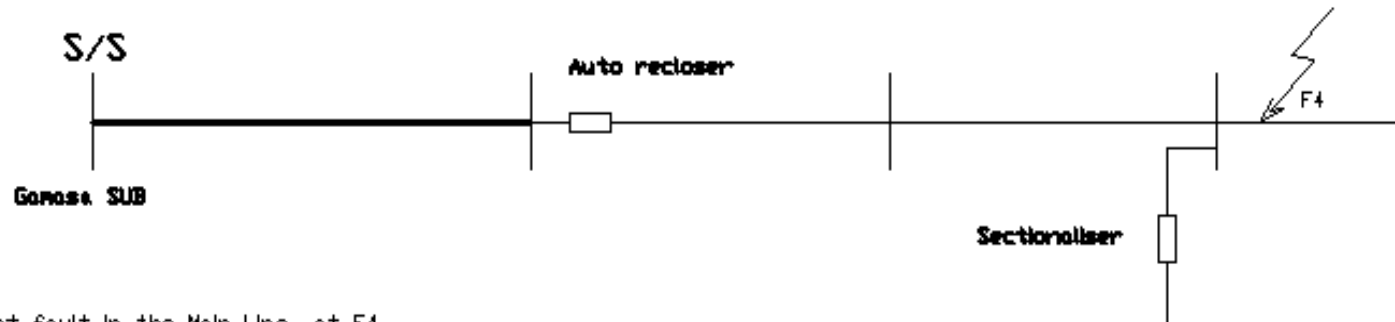
▪ Sustained Fault in the Main Line or in another lateral branches.



The fault in the main line at F1



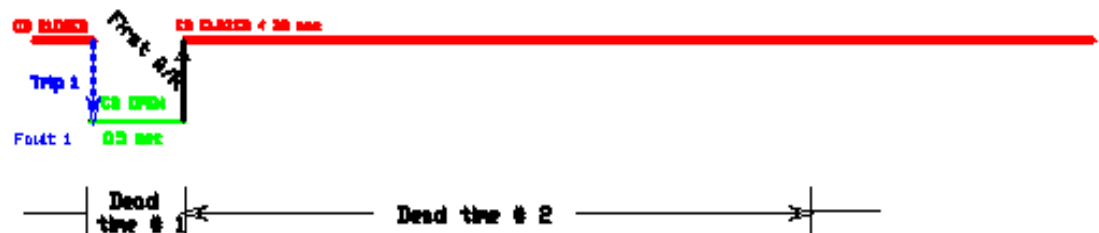
■ Transient Fault in the Main Line.



The Transient fault In the Main Line at F4

Recloser operation During A
Short Transient Fault
(0.5 sec > Fault)

ON ———
OFF ———



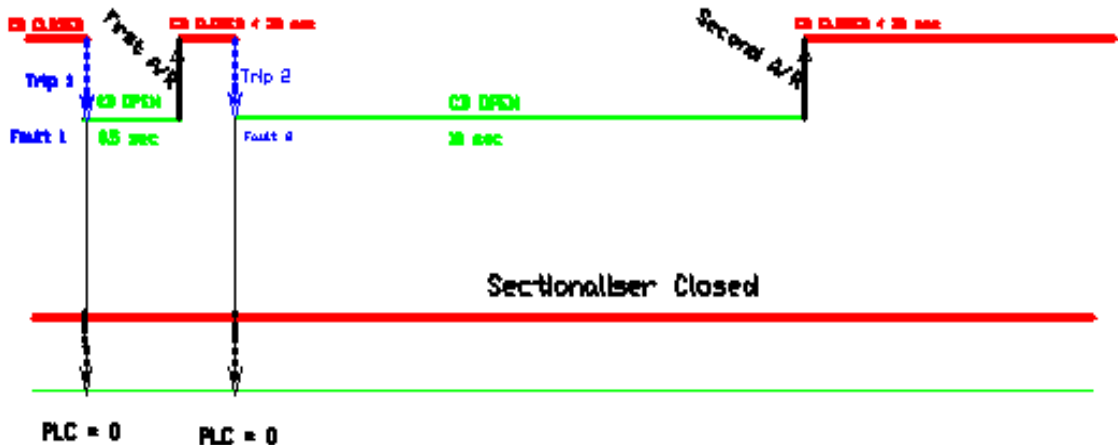
Recloser operation During A
Long Transient Fault
(0.5 sec > Fault <= 10.64 sec)

ON ———
OFF ———



Sectionalliser Operation
During A Transient
fault In the main line

ON ———
OFF ———

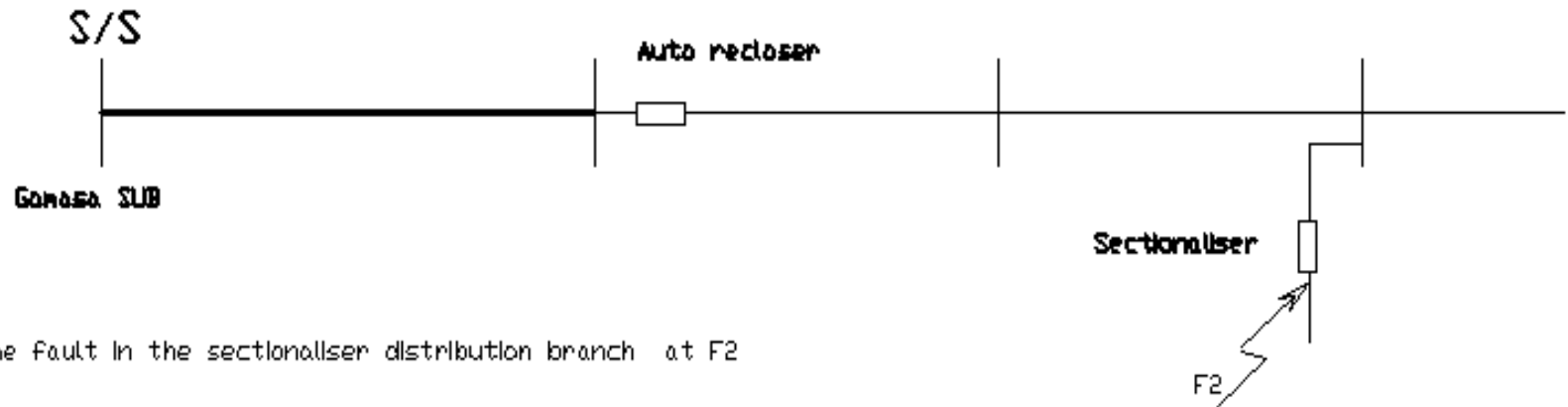


PLC = 0

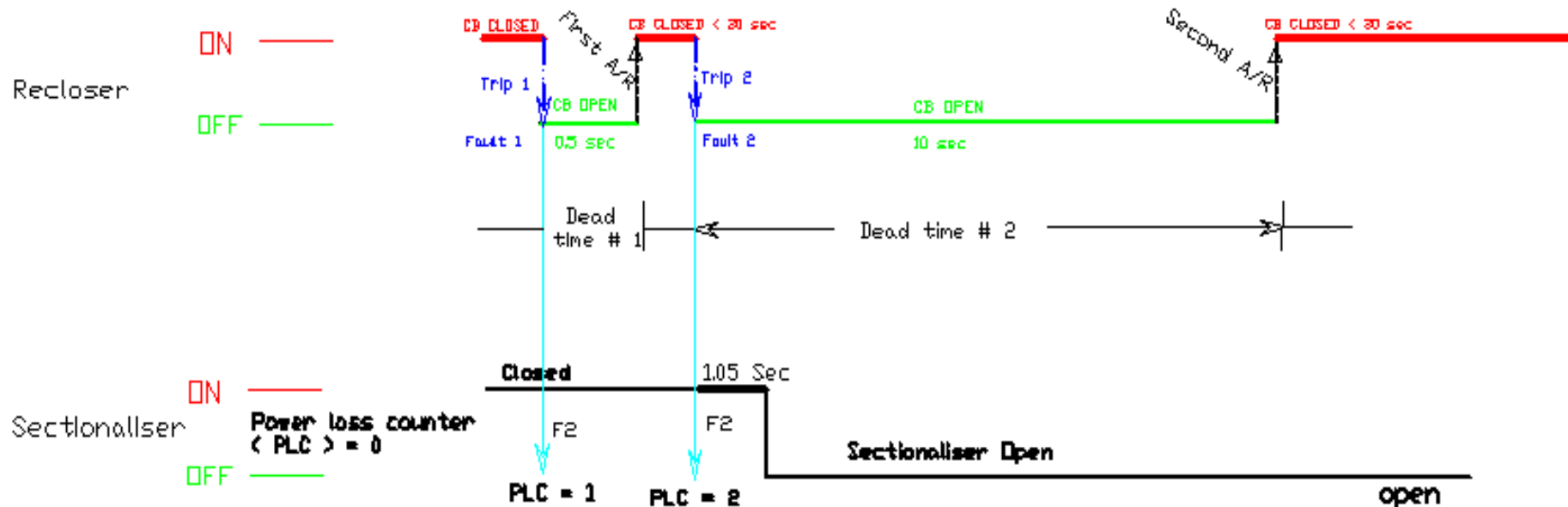
PLC = 0

PLC = 0

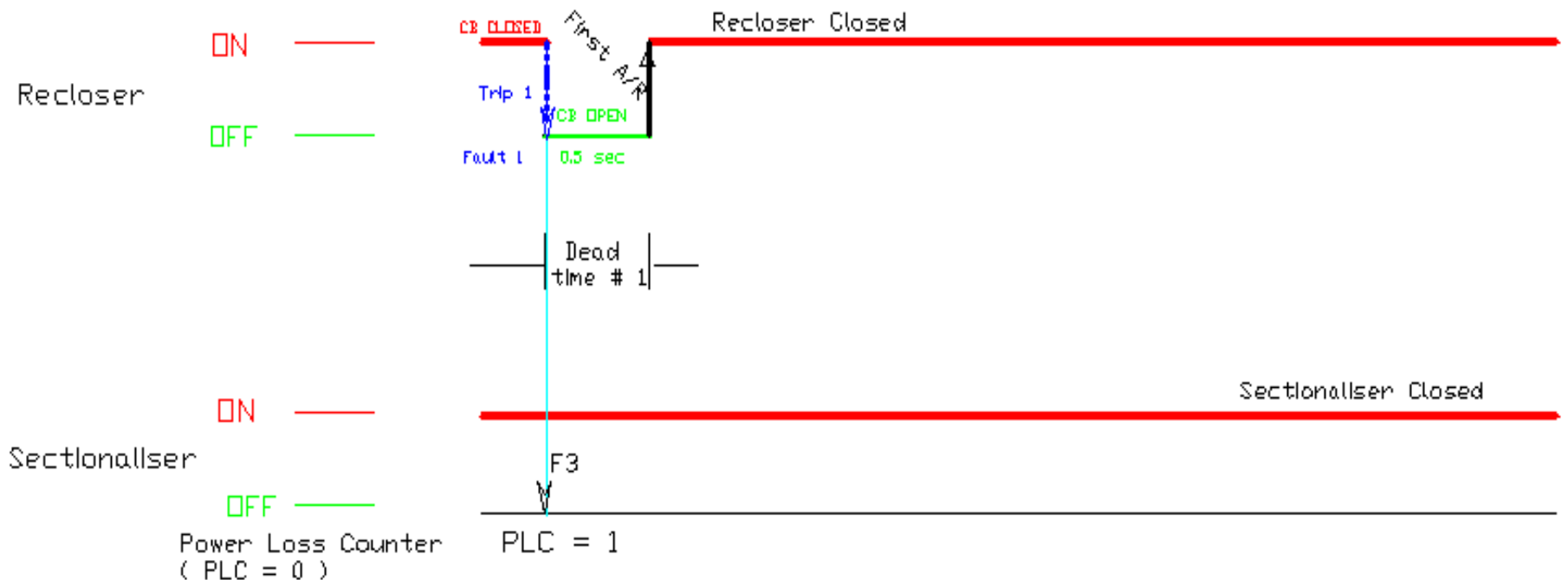
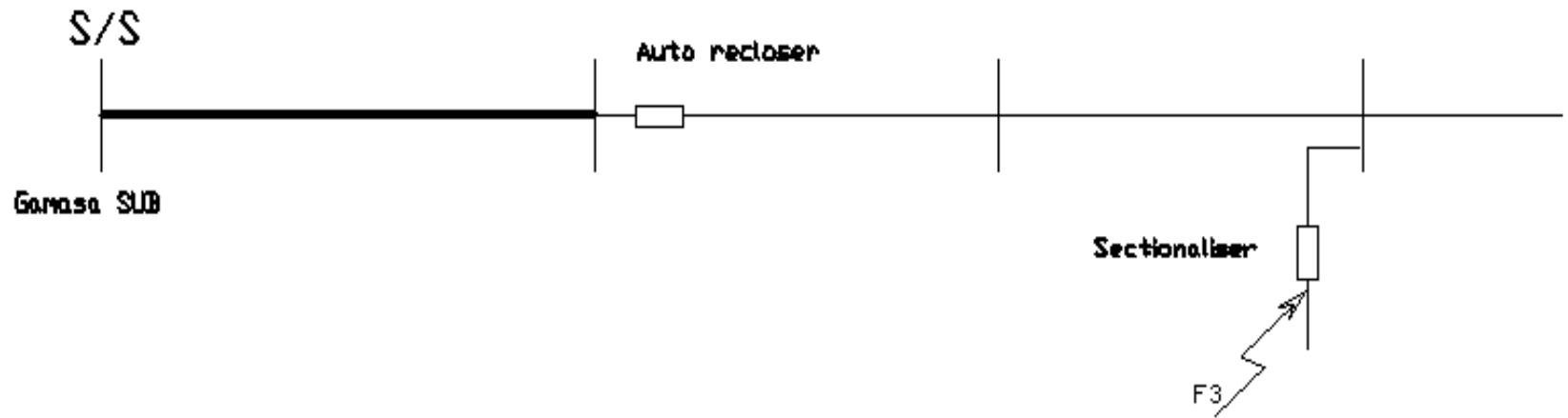
▪ Sustained Fault in the Sectionalizer Branch.



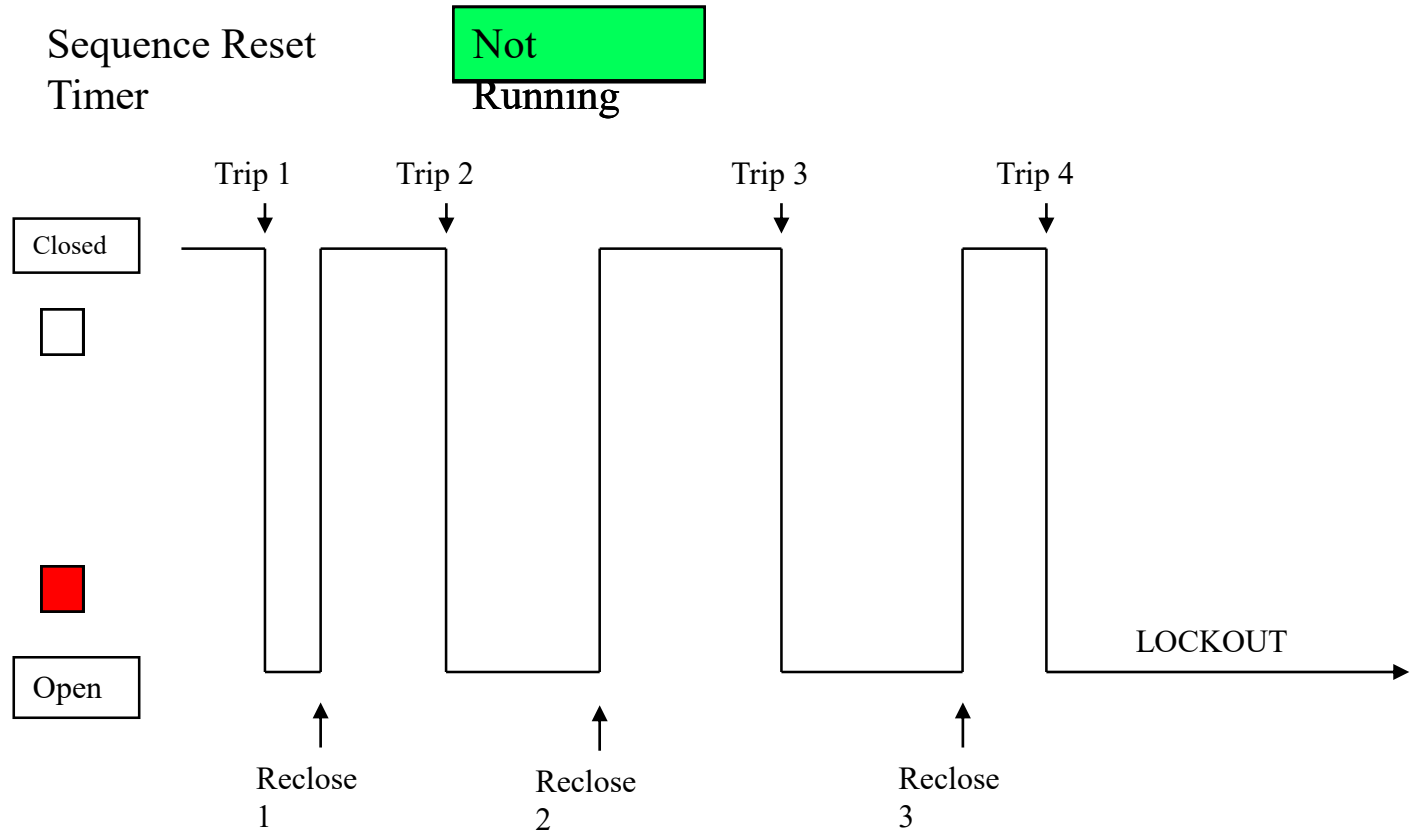
The fault in the sectionalizer distribution branch at F2



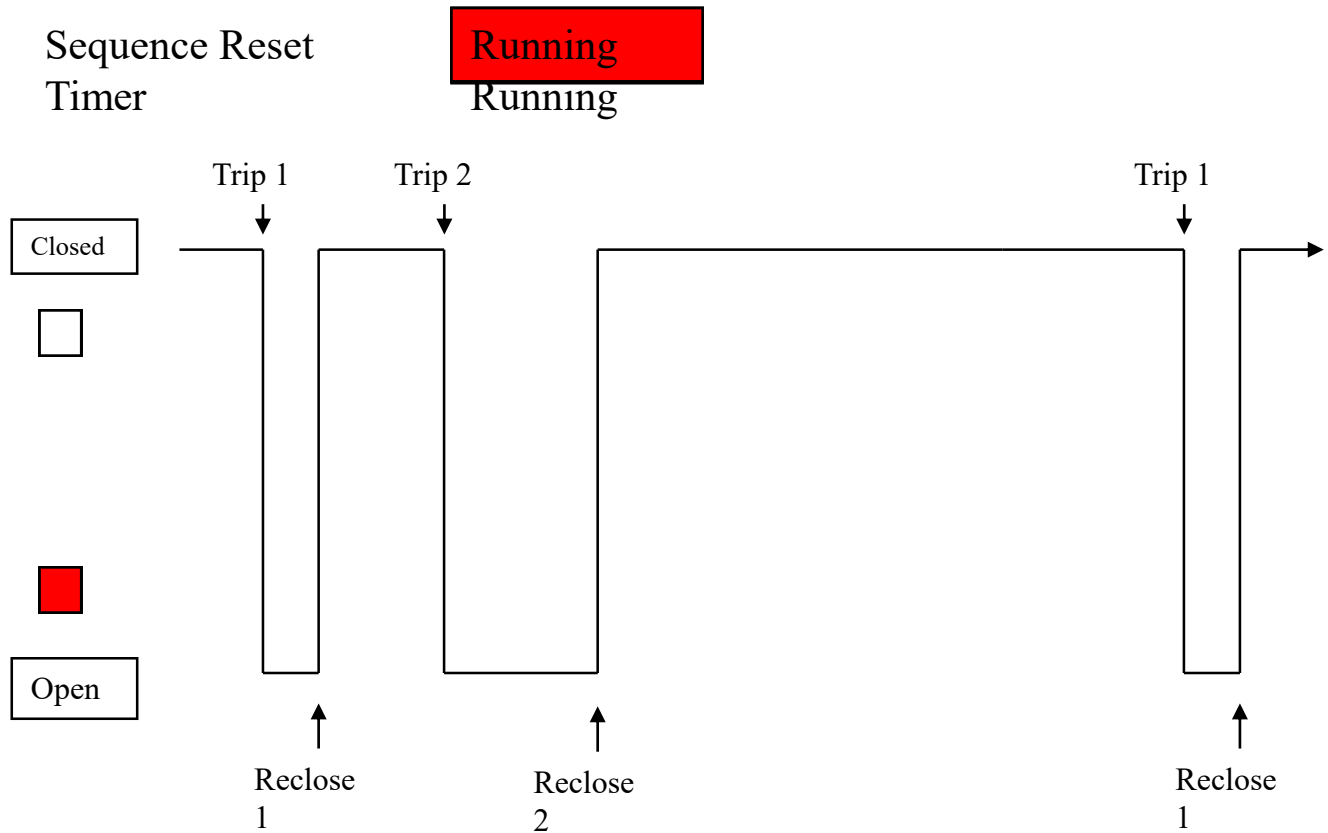
■ Transient Fault in the Sectionaliser Branch.



Reclose Sequence 4 Trips to Lockout



Sequence Reset Time Expired



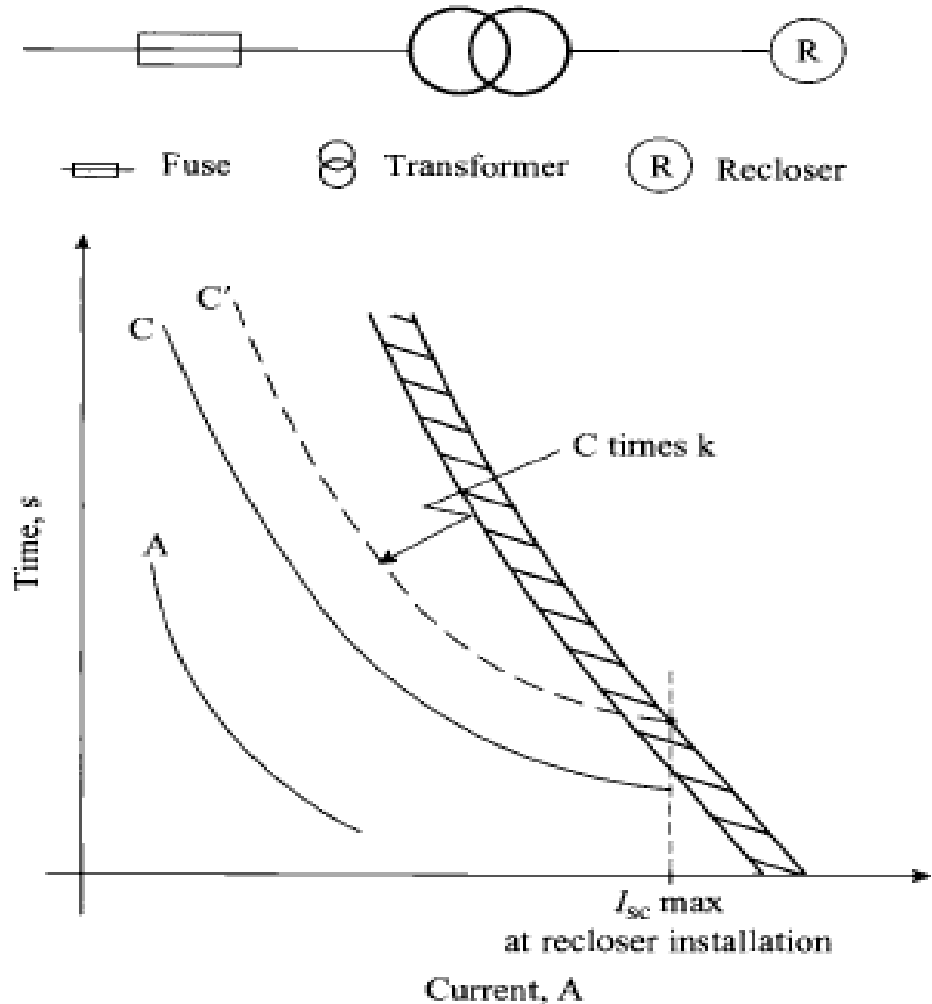
Recloser-fuse co-ordination

- The criteria for determining recloser-fuse co-ordination depend on the relative locations of these devices, i.e. **whether the fuse is at the source side and then backs up the operation of the recloser that is at the load side, or vice versa**. These possibilities are treated in the following paragraphs.

Recloser-fuse co-ordination

Fuse at the source side

When the fuse is at the source side, all the recloser operations should be faster than the minimum melting time of the fuse. This can be achieved through the use of multiplying factors on the recloser time/current curve to compensate for the fatigue of the fuse link produced by the cumulative heating effect generated by successive recloser operations.



Recloser-fuse co-ordination

Fuse at the source side

k factor for source-side fuse link

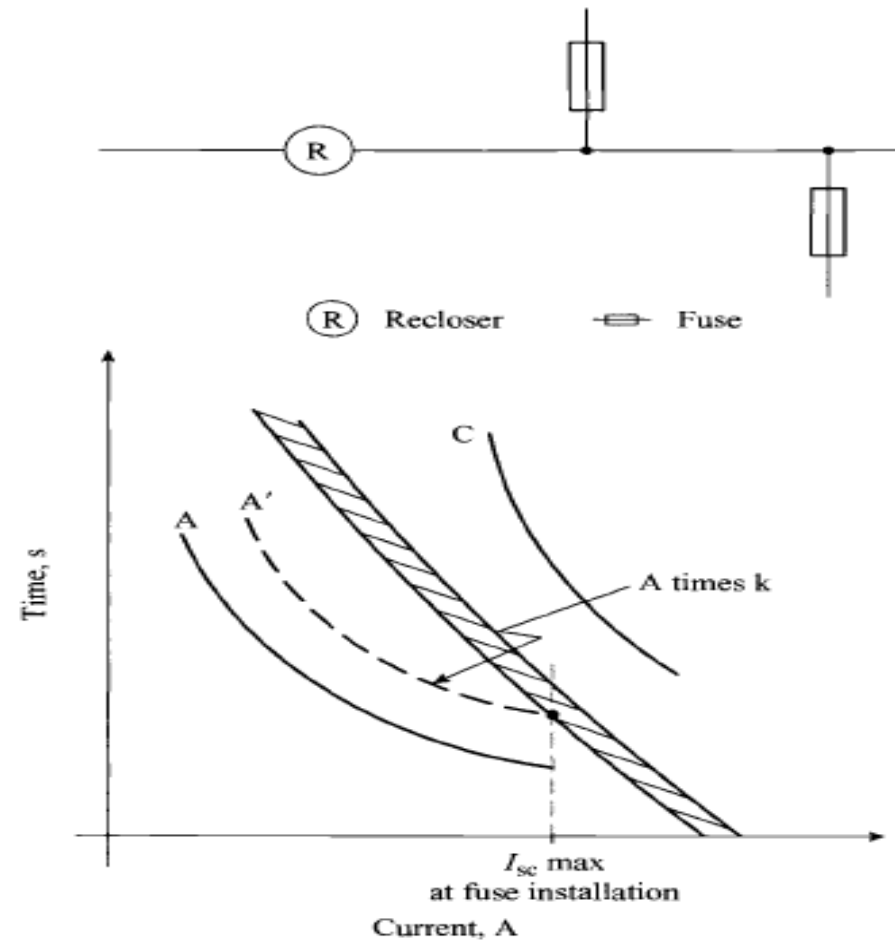
Reclosing time in cycles	Multipliers for:		
	two fast, two delayed sequence	one fast, three delayed sequence	four delayed sequence
25	2.70	3.20	3.70
30	2.60	3.10	3.50
50	2.10	2.50	2.70
90	1.85	2.10	2.20
120	1.70	1.80	1.90
240	1.40	1.40	1.45
600	1.35	1.35	1.35

The k factor is used to multiply the time values of the delayed curve of the recloser.

Recloser-fuse co-ordination

Fuse at the load side

- The minimum melting time of the fuse must be greater than the fast curve of the recloser times the multiplying factor.
- The maximum clearing time of the fuse must be smaller than the delayed curve of the recloser without any multiplying factor; the recloser should have at least two or more delayed operations to prevent loss of service in case the recloser trips when the fuse operates.



Criteria for recloser and load-side fuse coordination

Recloser-fuse co-ordination

Fuse at the load side

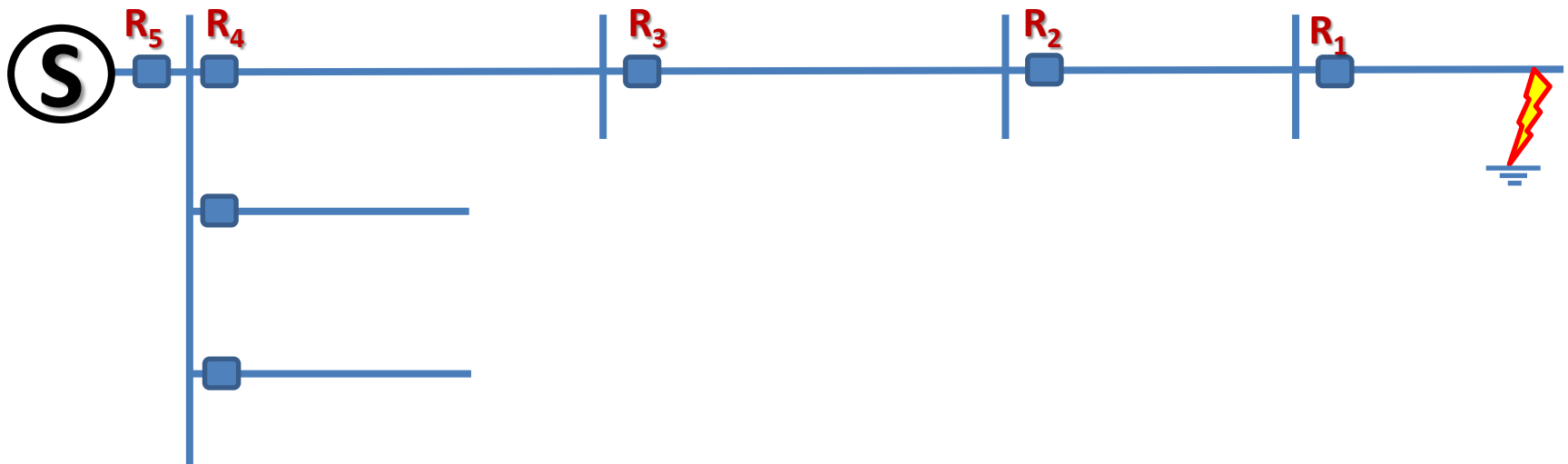
k factor for the load-side fuse link

Reclosing time in cycles	Multipliers for:	
	one fast operation	two fast operations
25–30	1.25	1.80
60	1.25	1.35
90	1.25	1.35
120	1.25	1.35

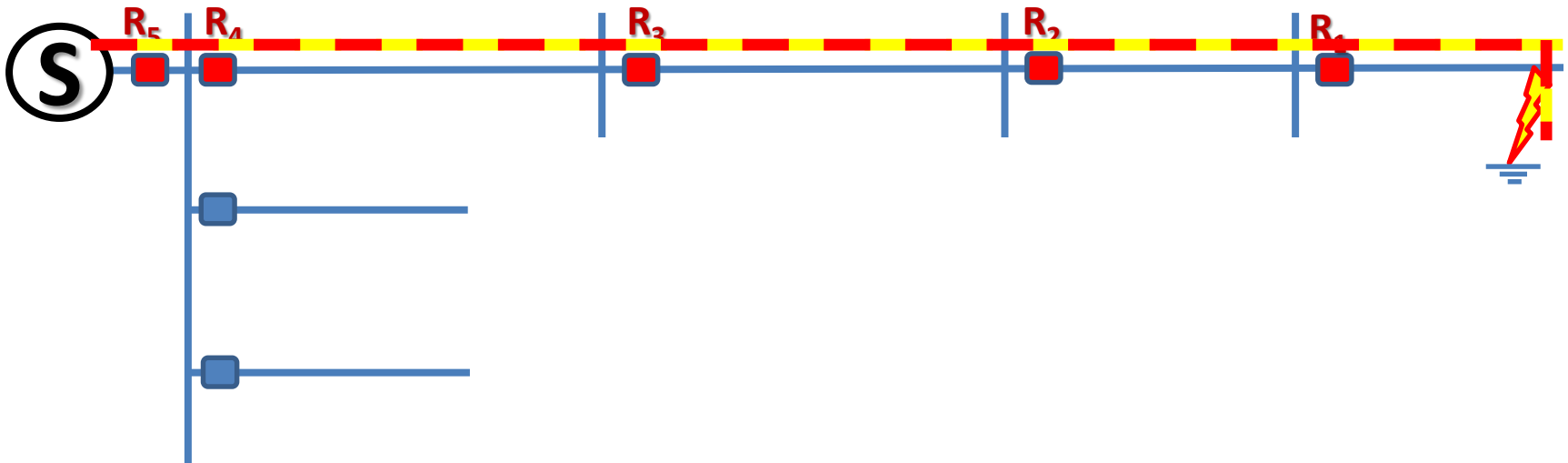
The k factor is used to multiply the time values of the recloser fast curve.

Overcurrent Protection

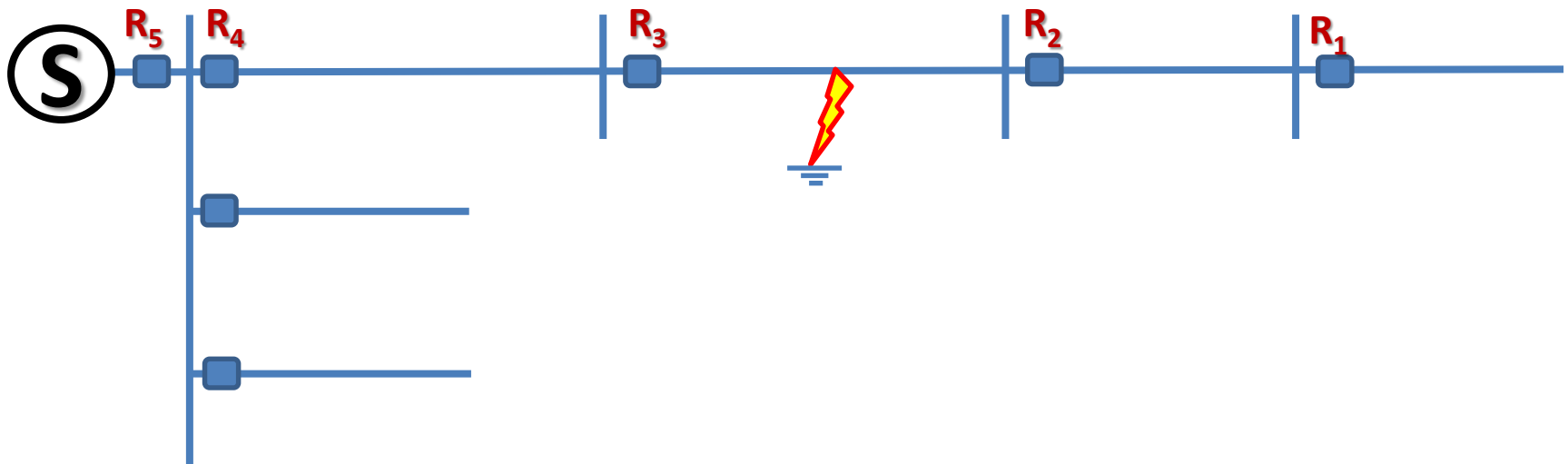
Overcurrent Protection



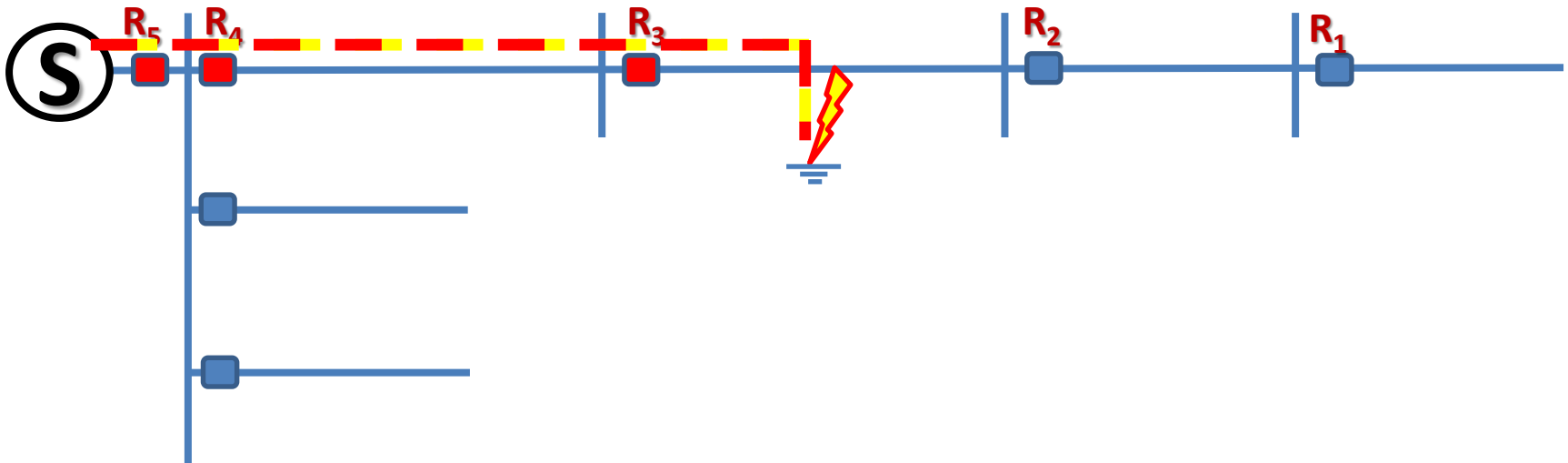
Overcurrent Protection



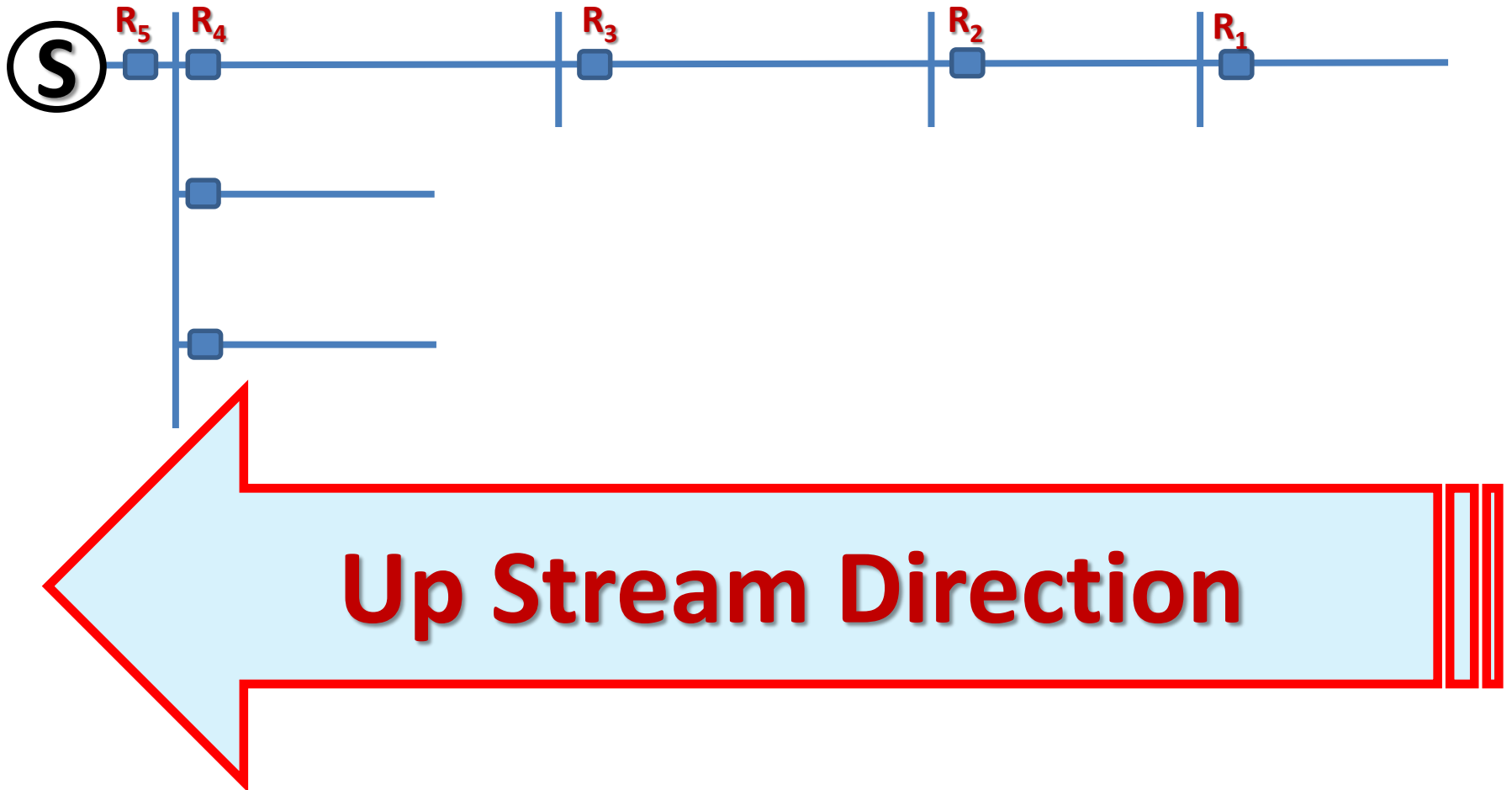
Overcurrent Protection



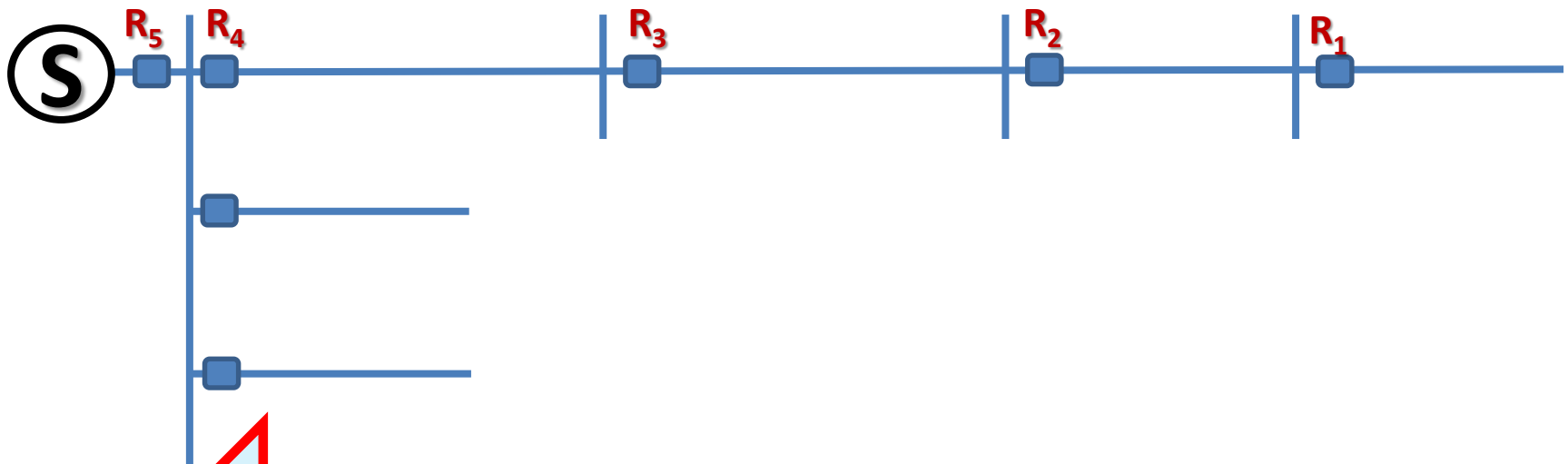
Overcurrent Protection



Overcurrent Protection

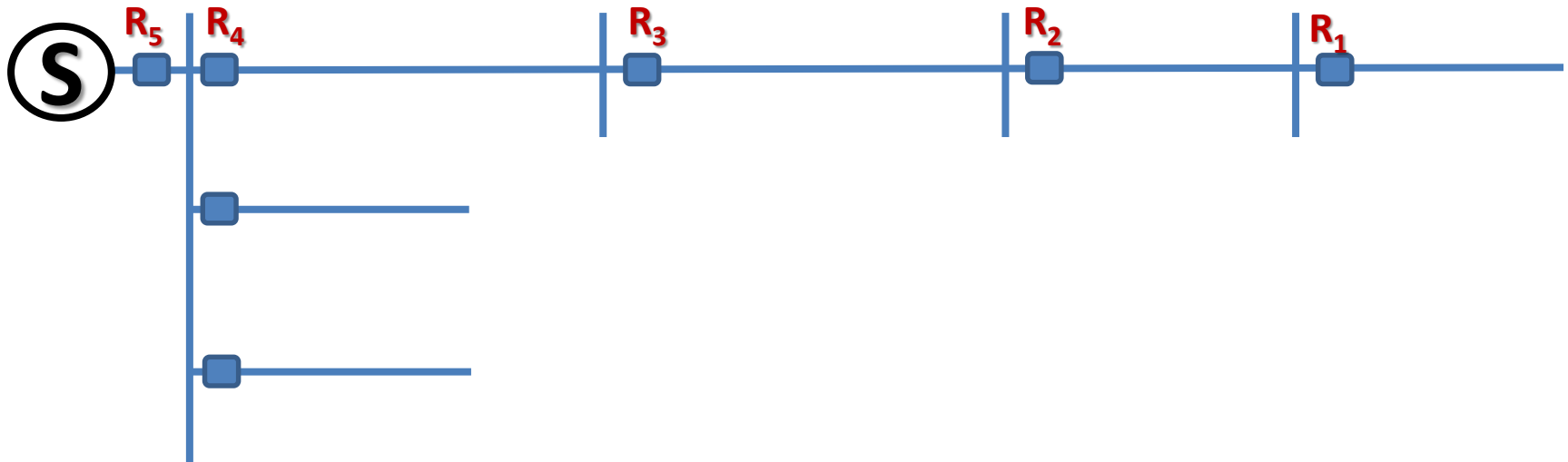


Overcurrent Protection



Increasing SC Level Direction

Overcurrent Protection



Max SC
Current

18 kA

14 kA

10 kA

6 kA

Overcurrent Protection

```
graph TD; A[Overcurrent Protection] --> B[Definite time Overcurrent DTOCR]; A --> C[Inverse, time-delay Overcurrent relays]; A --> D[High Set Instantaneous Overcurrent HSIOC];
```

Setting Current shall be larger than Max. Full Load Current

These relays have two values shall be set:

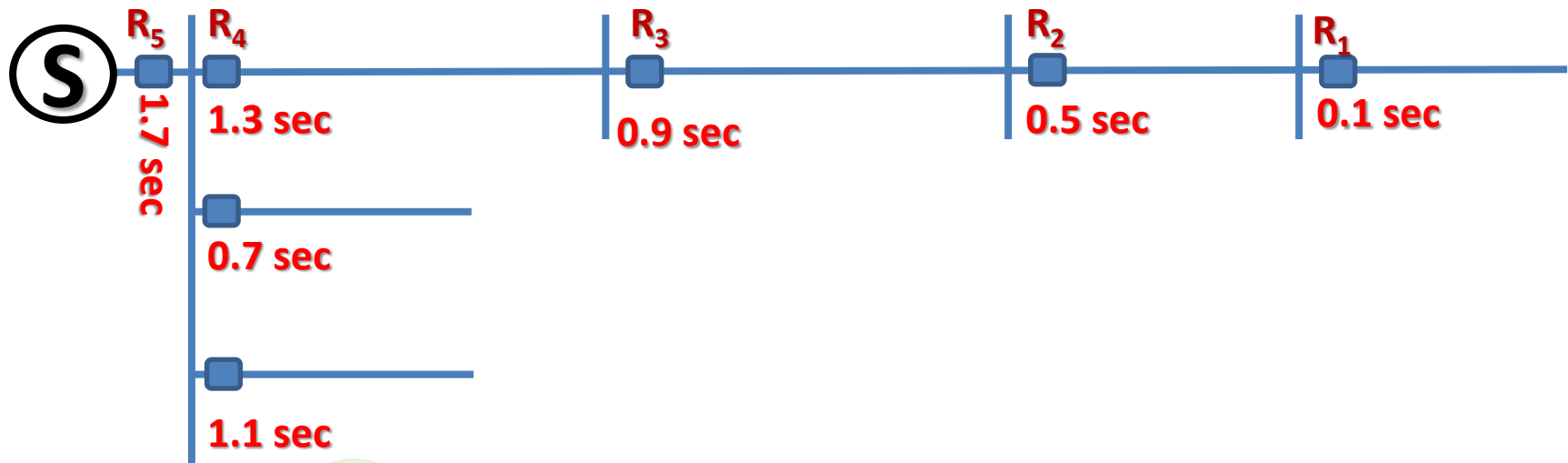
1. Current.
2. Time.

**Definite time
Overcurrent
DTOCR**

**Inverse, time-
delay
Overcurrent
relays**

**High Set
Instantaneous
Overcurrent
HSIOC**

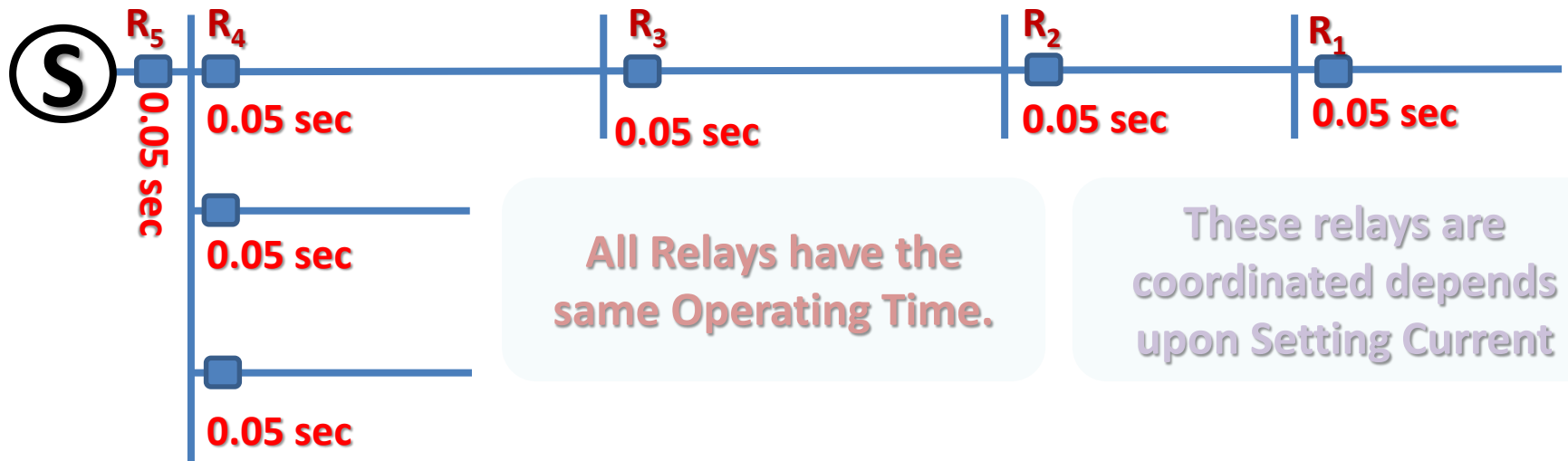
Definite time Overcurrent DTOCR



Fault Clearing Time
increase although fault
current increases
Very Dangerous

SC Current	Relay Operating Time
< 6 kA	0.1 sec
6 kA – 10 kA	0.5 sec
10 kA – 14 kA	0.9 sec
14 kA – 18 kA	1.3 sec

High Set Instantaneous Overcurrent HSIOC



Setting Current for these relays shall be higher enough to avoid the mal operation which may occur due to Overreach.

Over-reach

DC Offset

System Imp.

